This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Acerca de este libro

Esta es una copia digital de un libro que, durante generaciones, se ha conservado en las estanterías de una biblioteca, hasta que Google ha decidido escanearlo como parte de un proyecto que pretende que sea posible descubrir en línea libros de todo el mundo.

Ha sobrevivido tantos años como para que los derechos de autor hayan expirado y el libro pase a ser de dominio público. El que un libro sea de dominio público significa que nunca ha estado protegido por derechos de autor, o bien que el período legal de estos derechos ya ha expirado. Es posible que una misma obra sea de dominio público en unos países y, sin embargo, no lo sea en otros. Los libros de dominio público son nuestras puertas hacia el pasado, suponen un patrimonio histórico, cultural y de conocimientos que, a menudo, resulta difícil de descubrir.

Todas las anotaciones, marcas y otras señales en los márgenes que estén presentes en el volumen original aparecerán también en este archivo como testimonio del largo viaje que el libro ha recorrido desde el editor hasta la biblioteca y, finalmente, hasta usted.

Normas de uso

Google se enorgullece de poder colaborar con distintas bibliotecas para digitalizar los materiales de dominio público a fin de hacerlos accesibles a todo el mundo. Los libros de dominio público son patrimonio de todos, nosotros somos sus humildes guardianes. No obstante, se trata de un trabajo caro. Por este motivo, y para poder ofrecer este recurso, hemos tomado medidas para evitar que se produzca un abuso por parte de terceros con fines comerciales, y hemos incluido restricciones técnicas sobre las solicitudes automatizadas.

Asimismo, le pedimos que:

+ *Haga un uso exclusivamente no comercial de estos archivos* Hemos diseñado la Búsqueda de libros de Google para el uso de particulares; como tal, le pedimos que utilice estos archivos con fines personales, y no comerciales.

+ *No envíe solicitudes automatizadas* Por favor, no envíe solicitudes automatizadas de ningún tipo al sistema de Google. Si está llevando a cabo una investigación sobre traducción automática, reconocimiento óptico de caracteres u otros campos para los que resulte útil disfrutar de acceso a una gran cantidad de texto, por favor, envíenos un mensaje. Fomentamos el uso de materiales de dominio público con estos propósitos y seguro que podremos ayudarle.

+ *Conserve la atribución* La filigrana de Google que verá en todos los archivos es fundamental para informar a los usuarios sobre este proyecto y ayudarles a encontrar materiales adicionales en la Búsqueda de libros de Google. Por favor, no la elimine.

+ *Manténgase siempre dentro de la legalidad* Sea cual sea el uso que haga de estos materiales, recuerde que es responsable de asegurarse de que todo lo que hace es legal. No dé por sentado que, por el hecho de que una obra se considere de dominio público para los usuarios de los Estados Unidos, lo será también para los usuarios de otros países. La legislación sobre derechos de autor varía de un país a otro, y no podemos facilitar información sobre si está permitido un uso específico de algún libro. Por favor, no suponga que la aparición de un libro en nuestro programa significa que se puede utilizar de igual manera en todo el mundo. La responsabilidad ante la infracción de los derechos de autor puede ser muy grave.

Acerca de la Búsqueda de libros de Google

El objetivo de Google consiste en organizar información procedente de todo el mundo y hacerla accesible y útil de forma universal. El programa de Búsqueda de libros de Google ayuda a los lectores a descubrir los libros de todo el mundo a la vez que ayuda a autores y editores a llegar a nuevas audiencias. Podrá realizar búsquedas en el texto completo de este libro en la web, en la página `http://books.google.com`

TN
803
S8

INSTITUTO DE REFORMAS SOCIALES
SECCIÓN 2.ª

UC-NRLF
$B 79 793

MEMORIA

ACERCA DEL

EMPLEO DE EXPLOSIVOS DE SEGURIDAD

EN LAS

Minas de hulla que desprenden grisú,

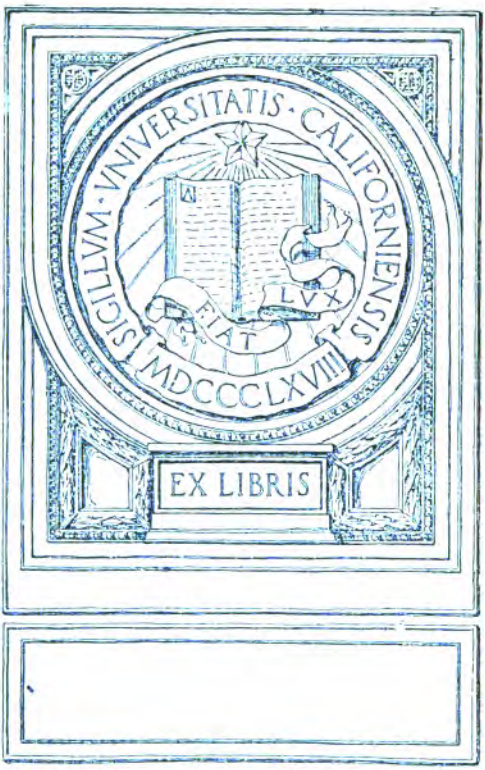
ESCRITA POR

JOSÉ MARVÁ

Jefe de dicha Sección.

MADRID
IMPRENTA DE LA SUCESORA DE M. MINUESA DE LOS RÍOS
Miguel Servet, 13. — Teléfono 651.
1905

YC 70067


SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
LVX
FIAT
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS

INSTITUTO DE REFORMAS SOCIALES
SECCIÓN 2.ª

MEMORIA

ACERCA DEL

EMPLEO DE EXPLOSIVOS DE SEGURIDAD

EN LAS

Minas de hulla que desprenden grisú,

UNIV. OF CALIFORNIA

ESCRITA POR

JOSÉ MARVÁ

Jefe de dicha Sección.

MADRID
IMPRENTA DE LA SUCESORA DE M. MINUESA DE LOS RÍOS
Miguel Servet, 13. — Teléfono 651.
1905

TN803
S8

UNIV. OF
CALIFORNIA

Univ. of California

MEMORIA

acerca del empleo de explosivos de seguridad en las minas de hulla que desprenden grisú,

Parmi les questions qui intéressent la securité des mines, il en est peu qui surpassent en importance celle de l'emploi des explosifs.

C'est en effet cet emploi qui, dans nos mines modernes, bien ventilées et pourvues des appareils d'éclairage les plus perfectionnés, occasionne de beaucoup les plus frequentes et les plus désastreuses explosions.

(Watteyne y Denoël, ingenieros belgas de minas.)

Las frecuentes catástrofes ocurridas en las minas de hulla que desprenden grisú, ó producen abundantes polvos inflamables de carbón, y el gran contingente de víctimas debido á las explosiones causadas por el empleo de explosivos en la explotación de dichas minas, llamó hace mucho tiempo la atención de los Gobiernos, dando lugar al estudio de los medios conducentes á disminuir, si no era posible evitar por completo, los terribles siniestros que diariamente tenían lugar.

Dos soluciones se presentaban: la más radical, sin duda, consistía en la supresión de los explosivos para las explotaciones de hulleras grisutoras, sustituyendo su acción con el trabajo mecánico de máquinas herramientas y aparatos especiales.

Pero si bien es cierto que en algunas minas se han utilizado con éxito estos medios, desterrando por completo los explosivos, no lo es menos que el procedimiento, aun contadas las ventajas de seguridad que reporta, no puede hacerse obligatario, porque la adopción de aquellas máquinas y aparatos necesita una fuerza motriz, aire comprimido, agua, electricidad; y las canalizaciones de estos fluidos, así como el montaje y funcionamiento de las máquinas, puede, en muchos casos, ser grandemente oneroso para la industria, y á veces hasta de imposible realización.

El segundo medio es más sencillo y de más práctica aplicación: modificar la naturaleza y características de los explosivos, y todos los de-

473625

talles concernientes á su empleo, para evitar las consecuencias desastrosas de su detonación en atmósferas susceptibles de inflamarse. En una palabra, apelar á *explosivos de seguridad*, que la den grande, si no absoluta, en la explotación.

Este problema, planteado hace más de veinte años, ha sido estudiado por Comisiones oficiales instituídas en todos los países mineros.

Cierto es que, desde el punto de vista científico, el problema no puede considerarse como completamente resuelto: la influencia definitiva, en el resultado, de las presiones, velocidad de detonación, estado físico del explosivo, magnitud de las cargas, etc., podrán no estar determinadas por completo; pero lo que no puede discutirse, lo que no cabe negar, es que, en el estado actual de la cuestión, con la fabricación actual de los variados explosivos de seguridad, con las cuidadosas precauciones que se observan en el extranjero para los atraques, detonadores, medios de dar fuego á los barrenos, etc., etc., el camino recorrido en pro de la vida y seguridad de los mineros es enorme, los progresos realizados son notabilísimos Ahí están las estadísticas de accidentes, que lo demuestran bien elocuentemente.

Fórmense estas estadísticas — verdad — en nuestro país, compárense con las semejantes del extranjero, y entonces se verá bien elocuentemente el atraso lamentable en que estamos en este punto.

No hay más que fijar la atención en los numerosísimos *explosivos de seguridad* que salen á diario del laboratorio del químico, los muchísimos que son de fabricación corriente y de aplicación práctica constante, los variados procedimientos ideados y puestos en práctica para la carga, atraque, inflamación y detonación de los explosivos empleados en los barrenos, para comprender la inmensa importancia que se concede á este asunto. Y volviendo la vista á nuestro país, examinando nuestros reglamentos de policía minera, tan parcos en prescripciones preventivas de esta clase de accidentes como previsoras son las reglamentaciones en el extranjero; viendo el escasísimo, por no decir nulo, empleo de explosivos de seguridad, y la ausencia de toda precaución para evitar las temibles consecuencias que resultan de una temeraria ó indocta aplicación de los explosivos, aparece como obra meritoria, de humanidad y de cultura, poner remedio al estado de incuria y de atraso lamentable en que nos hallamos, venciendo las resistencias que la rutina y pequeños intereses particulares puedan oponer.

De todos estos extremos nos ocupamos más ade'ante.

Que los explosivos de seguridad *no dan seguridad absoluta;* que su aplicación puede recargar en unos cuantos céntimos, ó fracciones de céntimo, el coste del arranque de la tonelada de hulla en las minas que desprenden el temible grisú, ¿son razones suficientes para oponerse al progreso?

Si los explosivos de seguridad la dan en un 95 por 100 de casos, ¿por qué no se han de emplear?

¿Es posible, cuando se trata de la vida de los mineros, ceder ante consideraciones (de poca entidad, después de todo) de orden económico industrial?

¿Se han detenido en el extranjero ante estas consideraciones?

Por otra parte, las objeciones que puedan oponerse á estos adelantos tienen escaso valor, y así se demostrará más adelante.

El Instituto de Reformas Sociales, al interesar del Gobierno de S. M. la atención sobre este punto, no ha hecho nada que justifique la alarma de ciertos elementos.

¿Qué es lo que pide, en suma?

1.° Que se estudie todo lo que hace relación con la influencia que los explosivos tienen en los accidentes ocurridos en la explotación de minas grisutosas.

Hace veinticinco años que se hace así en todas las naciones. Además de las Comisiones oficiales nombradas en muchos países para la resolución de problema tan interesante, la iniciativa privada ha tomado parte también en esos trabajos, en esos estudios.

2.° Que se reglamente de modo eficaz la clase de explosivos que ha de emplearse, proscribiendo los que no ofrecen seguridad; la magnitud de las cargas, los atraques, los detonadores, los procedimientos para dar fuego.

Esto es lo que está hecho en todos los países, como más adelante podrá verse.

Comisiones creadas en el extranjero para el estudio de los explosivos que han de emplearse en las minas de hulla.—En Francia se constituyó, en 1887, una Comisión especial, presidida por el eminente Mr. Hatón de la Goupillière, para estudiar el empleo de los explosivos en las minas que desprenden grisú. Tomaron notable parte en los trabajos de esta Comisión los renombrados MM. Le Chatelier y Mallard. Á dicha Comisión se deben:

Una excelente Memoria (fecha 16 de Noviembre de 1888); la circular ministerial de 19 de Noviembre de 1888, que excluye el empleo de la pólvora negra y comprende otros interesantes extremos; la circular ministerial de 1.° de Agosto de 1890, que hace obligatorio el empleo de explosivos de seguridad, es decir, de explosivos que reunan ciertas condiciones en la temperatura y gases producidos en la detonación, no solamente en las minas que desprenden grisú, sino también en las que producen abundante y fino polvo de carbón; la circular ministerial de 8 de Diciembre de 1899, que reglamenta la magnitud de las cargas y la altura de los atraques.

Iguales Comisiones, compuestas de hombres eminentes en la Ciencia, se han constituído en Inglaterra, en Alemania, en Austria, en Bélgica, etcétera, hace más de veinte años.

En Alemania y en Austria se han hecho numerosas experiencias para determinar la influencia de las temperaturas, presiones y velocidad de detonación de los explosivos; la influencia de su estado físico, de los atraques, etc.

Y además de estos elementos oficiales, Sociedades particulares y sabios eminentes han dedicado su experiencia y sus estudios á tan interesante asunto.

El Congreso de mineros alemanes celebrado en Munich en 1898, el de minas y metalurgia que tuvo lugar en París en 1900 con motivo de la Exposición Universal, se han ocupado en el empleo de los explosivos de seguridad en las minas de hulla que desprenden grisú ó producen abundante cantidad de polvos inflamables.

Para demostrar hasta qué punto se ha dado importancia á los trabajos experimentales y se han hecho estudios minuciosos, ha de consignarse que no se han limitado unos y otros á ensayos de laboratorio hechos con pequeñas cantidades de substancia, sino que la experimentación de los explosivos de seguridad se ha realizado (en el extranjero, por supuesto) en galerías de sección igual á la de las galerías de minas, y poniéndolas en condiciones iguales, haciendo inflamable la atmósfera de aquéllas mediante la introducción de proporciones varias de grisú ó de gas del alumbrado. y también de polvillo de carbón: de modo que estas estaciones de ensayo reproducían fielmente la realidad.

Y en otros países, los ensayos oficiales se han llevado á cabo en las mismas minas. En Francia, en las de Liévin y otras; en Alemania, en Saarbrück primeramente (mina Kõnig); más tarde, por iniciativa de la Sociedad de previsión de los mineros de Westfalia, en la galería Schalke de la mina Consolidation, bajo la dirección de M. Winkhaus en 1894, del renombrado Mr. Heise en 1897, y de Mr. Faendrich después.

En Austria, los ensayos han tenido lugar en Mahvisch Ostran y en Segengottes, bajo la dirección de los Comités permanentes de estudio de las inflamaciones del grisú.

Reglamentación del empleo de los explosivos en el extranjero. Francia.—En Francia, la circular ministerial de 19 de Noviembre de 1888 prohibió el empleo de la pólvora negra, peligrosa en las minas que desprenden grisú ó polvo de carbón inflamable á pesar de la adopción de cartuchos de agua y otros expedientes.

En esta circular se llama la atención sobre los peligros anejos al uso de las mechas de seguridad de empleo corriente, sobre la conveniencia de emplear otros medios de dar fuego y sobre la necesidad de que las cargas de explosivo no rebasen un cierto límite de peso.

La Memoria de la Comisión del grisú recomendaba las mezclas de nitrato de amoníaco con dinamitas y algodón-pólvora, nitro-naftalinas y nitro-bencinas.

La circular ministerial de 1.° de Agosto de 1890, no solamente prohibe el empleo de la pólvora negra en las minas con grisú ó en las que dan polvos inflamables, sino que hace obligatorio el uso de explosivos de seguridad, esto es, de explosivos que cumplan con las condiciones siguientes:

1.ª Que los productos de la detonación no contengan ningún elemento combustible, tales como hidrógeno, carbono, óxido de carbono, etc.

2.ª Que la temperatura de detonación no exceda de 1900° para los explosivos empleados en los barrenos en roca, y de 1500° para los abiertos en las capas de hulla.

La misma circular ministerial francesa de 1.° de Agosto de 1890 recomienda el empleo de los explosivos siguientes, obtenidos por mezclas de las substancias que se citan:

		Para roca.	Para carbón.
1.°	Dinamita núm. 1 (á 75 por 100).....	40 por 100.	20 por 100.
	Nitrato de amoníaco.....	60 por 100.	80 por 100.
2.°	Goma explosiva (á 917 por 1.000 de nitroglicerina y 83 por 1.000 de algodón eneanítrico.....	30 por 100.	12 por 100.
	Nitrato de amoníaco.....	70 por 100.	88 por 100.
3.°	Algodón octonítrico.....	20 por 100.	9,5 por 100.
	Nitrato de amoníaco.....	80 por 100.	90,5 por 100.
4.°	Binitrobencina.....	10 por 100.	»
	Nitrato de amoníaco.....	90 por 100.	»

La circular ministerial de 8 de Diciembre de 1899 fija, como límite superior de la carga de los barrenos, la cantidad de un kilogramo de explosivo de seguridad, y como mínimum del atraque, una longitud de 20 centímetros para los primeros 100 gramos, y 6 centímetros más por cada 100 gramos de aumento de carga. Insiste sobre el peligro que presenta la inflamación de las cargas por medio de mechas, y prescribe no hacer uso más que de procedimientos que no den llama; por ejemplo, la electricidad, los cebos de fricción, etc., etc.

Bélgica.—El reglamento belga de 1884 contenía ciertas reglas restrictivas sobre el empleo de explosivos, y el reglamento de 1895 aumentó la severidad en este punto en lo relativo á las mines con grisú y á las que desprenden abundante polvillo de carbón, prohibiendo en absoluto el empleo de los explosivos lentos en ciertos trabajos de las minas grisutosas de 2.ª y 3.ª categoría, así como el empleo de procedimientos para dar fuego á los barrenos que den lugar á proyección de llamas ó materias en ignición (*); y proscribiendo toda clase de explosivos, cualesquiera que fueren, en los lugares y casos más peligrosos por abundancia de grisú ó por la existencia de abundantes polvos inflamables de hulla.

El reglamento de 1895 condena principalmente la pólvora negra, y los explosivos de combustión ó detonación lenta (1), y equipara para los efec-

(*) Empléase hoy la electricidad para dar fuego á los barrenos.
(1) Pólvora negra, pudrolita, neoclastita y litotrita.

tos del empleo *los explosivos de seguridad* y los *explosivos rompedores ordinarios*, de gran velocidad de detonación.

Pero objetaremos á este propósito:

1.° Que en Bélgica se comprende bajo la denominación de explosivos rompedores *(explosifs brissants)*, no solamente los así llamados en otros países, tales como la dinamita, gelatina explosiva, melinita, etc., sino también la gelignita, la forcita, y otros explosivos al nitrato de amoniaco, tales como los explosivos Favier números 1 y 3, la nitroferrita núm. 2, la tritorita, volterita núm. 1, securita y belita, en que entran además sales como oxalato amónico y otras, que hacen disminuir la temperatura de detonación, explosivos todos que en otros países son considerados como explosivos de seguridad.

2.° Que así y todo, el empleo de los llamados en Bélgica explosivos de seguridad (1) ha prevalecido, aun no estando impuestos en absoluto por el reglamento de 1895 por acuerdo espontáneo de los explotadores unas veces, y por imposición de los Jefes del Cuerpo de minas otras, con motivo de las derogaciones á las prescripciones reglamentarias.

Inglaterra.—En Inglaterra hay también una reglamentación de explosivos de seguridad, y solamente se autoriza el empleo de los explosivos que están comprendidos en la *List of permitted explosives* cuando han de emplearse en una atmósfera peligrosa.

Esta lista está redactada después de haber sido sometidas á ensayo las substancias en un aparato instalado en Woolwich. Los ensayos no son rigurosos; el peso ó cantidad de las cargas empleadas en las experiencias equivalen (en energía potencial) á 56 gramos de dinamita núm. 1 (*) para los explosivos detonantes, y á 168 gramos si se trata de una pólvora lenta.

Las cargas se atracan con arcilla seca, pulverizada, de 9 pulgadas (0m,225) de longitud. La atmósfera contiene 9 por 100 de gas del alumbrado. Para que un explosivo sea aprobado es preciso que en 40 barrenos ó pruebas dé, á lo más, dos resultados desfavorables.

Estas pruebas son objeto de crítica por ser poco rigurosas: de aquí el gran número de explosivos que comprende la lista, entre ellos la ammonita, belita, etc., y varias clases de pólvoras negras, Bulldog Brand Gunpowder, Earthquake Powder, Elephant Brand Powder, Oxalate Blasting Powder, y siete variedades de gelignita.

El *Home Office* ha instituído una *special list:* los explosivos que la componen han de satisfacer á 20 pruebas sin ningún mal resultado, en las condiciones siguientes:

Si se trata de explosivos detonantes, cargas de 84 gramos en las 10 primeras pruebas, y de 112 gramos en las otras 10. Para las pólvoras len-

---

(1) Antigrisú Favier núm. 2, grisutita de Matagne, forcitas antigrisutosas, números 1 y 2 de Baden, gelignita al amoníaco, fractorita, nitroferrita núm. 1, flamívora, antigrisú de Arendonck.

(*) A mayor cantidad de explosivo, más peligro.

tas, el triplo. Atraques, respectivamente, de 23 centímetros y 30,5 centímetros. Atmósfera con 15 por 100 de gas del alumbrado.

Otros paises. — Alemania, Austria y otras naciones tienen también reglamentado el empleo de explosivos, tanto en calidad como en cantidad de las cargas, los atraques, los procedimientos para dar fuego á los barrenos, etc.

Favorables resultados obtenidos en la seguridad de la explotación de las minas grisutosas. — Es hecho evidente, por todos reconocido, el gran progreso alcanzado en el extranjero en la seguridad de los mineros que trabajan en el interior de las minas grisutosas, merced á los adelantos realizados en los explosivos y en todos los elementos con ellos relacionados y empleados en los barrenos.

«Los nuevos explosivos, comparados con los primitivos—dice Mr. Delafond, Inspector general de minas de Francia,—constituyen el mismo progreso que el obtenido por las lámparas de seguridad con relación á las lámparas antiguas de llama al descubierto.»

En Francia, los resultados obtenidos en lo que concierne á la seguridad de los mineros pueden calificarse de inmejorables.

De 1892 á 1899, en ocho años, no ha habido más que un solo caso en que los explosivos de seguridad hayan inflamado el grisú; y aun en este caso no está bien averiguada la causa, pues hay quien supone que el accidente se debió á la producción de llamas por efecto de la combustión de la envolvente de papel de los cartuchos.

El cuadro siguiente demuestra elocuentemente lo que decimos: en él puede verse que los explosivos, por sí solos, no han producido accidentes; las mechas produjeron siete.

En ocho años, la inflamación del grisú ha causado solamente 15 muertos y 63 heridos, lo cual prueba la cuidadosa ventilación y el severo cumplimiento de las reglas generales de policía minera. De este total, se deben á las mechas tres muertos y siete heridos, y á los explosivos *ninguno*.

		Accidentes.	Muertos.	Heridos.
Accidentes y víctimas por inflamación del grisú...	Barrenos. Explosivos.....	»	»	»
	Barrenos. Mechas.....	7	3	7
	Lámparas de llama al descubierto.....	31	6	40
	Lámparas de seguridad, abiertas ó defectuosas.....	12	4	15
	Causas diversas ó desconocidas.	3	2	1
	TOTALES.....	53	15	63

En Bélgica se ha conseguido también disminuir extraordinariamente los accidentes que tienen por origen el empleo de los explosivos. Así lo demuestra el cuadro siguiente que comprende la proporción de víctimas por cada 10.000 obreros antes de haberse extendido el empleo de los explosivos de seguridad (decenio de 1880 á 1889), y después, cuando se hizo frecuente aplicación de ellos (decenio de 1890 á 1899).

		Proporción por año y por 10.000 mineros del interior, de muertes por explosiones de grisú debidas á los explosivos.
En todas las minas.....	Decenio de 1880 á 1889...	5,28
	Decenio de 1890 á 1899...	0,70
En las minas del Borinage. (Couchant de Mons.).....	Decenio de 1880 á 1889...	9,75
	Decenio de 1890 á 1899...	0,30

Dos causas han influído en este resultado; es una la reducción, y aun supresión á veces, del empleo de explosivos en algunas de las minas más peligrosas, substituyéndolos con procedimientos especiales de arranque en que no intervienen dichos explosivos; y otra de las causas es la *generalización de los explosivos de seguridad* en reemplazo de las pólvoras lentas, usadas antes.

La prueba más concluyente de la humanitaria intervención de las pólvoras de seguridad nos la da la estadística de los accidentes ocurridos en la región clásica de las explosiones de grisú, en la comarca denominada *le Borinage*.

En esta región, de siniestro renombre por las repetidas catástrofes ocurridas en sus minas, grandemente grisutosas, las explosiones de grisú en el decenio 1890-1899 han producido solamente siete víctimas por el empleo de explosivos; y la proporción de muertos, que llegaba á la elevada cifra anual de 9,75 por 10.000 antes de 1890, ha descendido á 0,30 en los diez años siguientes.

El enorme progreso que ha hecho el empleo de los explosivos de seguridad en Bélgica en el último decenio 1890 á 1899 lo demuestran las estadísticas de las minas tan grisutosas del Borinage. En estas minas, el empleo de dichos explosivos de seguridad empieza en 1888, y crece de tal modo, que en 1890 llega á ser del 90 por 100 del total de explosivos rompedores.

En conclusión: los felices resultados obtenidos en Bélgica en punto á seguridad de los mineros en las que producen grisú se debe, como ya se ha dicho anteriormente:

1.° A reducir á los más estrechos límites posibles el empleo de explosivos, haciendo uso de procedimientos mecánicos.

2.° En los casos en que es prácticamente inevitable el empleo de los explosivos, hacer uso de los modernos *explosivos de seguridad*.

Las estadísticas de otras muchas naciones extranjeras dan parecidos resultados.

Sería altamente instructivo formar cuidadosamente la estadística española y compararla con las de los otros países mineros.

Explosivos de seguridad, de aplicación corriente en el extranjero.— Fábricas. — Consumo. — La mejor prueba de los resultados favorables obtenidos con el empleo de los explosivos de seguridad en las minas grisutosas, está en el crecido número de estos explosivos que se usan en las explotaciones, su gran consumo y las muchas fábricas que los producen.

En Francia se hace uso de los explosivos de seguridad siguientes:

Los denominados en este país grisutinas (*), formados con mezclas de nitroglicerina, nitrato amónico y pequeñísimas proporciones de algodón nítrico, y de la que se fabrican dos variedades para cada una de las dos aplicaciones á la roca y á las capas de carbón. La composición y temperatura de explosión son las siguientes:

	ROCA		CAPA DE HULLA	
	1.ª	2.ª	1.ª	2.ª
Nitrato de amoniaco.	70	69	88	87
Nitroglicerina.....	29,10	30	11,76	12
Algodón nítrico.....	0,70	»	0,24	»
Celulosa nitrada.....	»	1	»	1
Temperatura desarrollada en la explosión.....	1.840°	1.860°	1.440°	1.450°

Las fábricas francesas de Paulilles y Saint-Sauveur fabrican, con los nombres de *Goma F, B, H* é *I*, tipos de grisutinas, cuya composición difiere poco de la precedente.

La grisutina goma es análoga al explosivo denominado en Bélgica *gelignita al amoniaco.*

Denomínanse en Francia *dinamitas grisutinas D* y *E* á unas *grisutitas* ó *wetter-dinamitas*, cuya composición es la de una dinamita á la gühr (al 75 por 100 de nitroglicerina) mezclada con sulfato de magnesia, y en alguna variedad con celulosa.

Grisunitas. — Se da este nombre también á los explosivos Favier ó nitramitas, formados por la mezcla de nitrato de amoniaco y binitro naf-

(*) Mr. Roux comprende bajo esta denominación todos los explosívos de seguridad que se emplean en las minas para evitar las inflamaciones de grisú y de polvos de hulla.

talina, ó trinito naftalina. Fabrícanse dos variedades, al 95,5 y al 91,5 por 100 de nitrato amónico, que desarrollan, respectivamente, temperaturas de 1.486° y 1.890°.

Algodón octonítrico. — Composición de las dos variedades:

	1.ª	2.ª
Algodón octonítrico	9,50	20,00
Nitrato de amoníaco	90,50	80,00
Temperaturas de detonación	1.500°	1.880°

L'emploi des explosifs de sûreté — dice Mr. Delafond — *est maintenant largement entré dans la pratique.* — Hoy se consumen más de 500,000 kilogramos anualmente, cantidad que supone, á razón de 200 gramos como término medio por barreno, cerca de tres millones de barrenos.

Las fábricas que producen estos explosivos son: las de Paulille y Saint-Sauveur, que hacen desde 1893 tres distintos tipos (Gomme, *F* y *B*); en la de Arlés, desde 1897, dos tipos (*H* é *I*). También se hacen en la fábrica de Cugny.

En Bélgica se emplean:

Los *explosivos Favier números 1 y 3.* Son conocidos también con el nombre de *nitramitas.* Están compuestos por la mezcla de nitrato de amoníaco — y el de sosa, que es más barato — con la naftalina en varios grados de nitrificación, según el número del explosivo. El número 1 es la mezcla de 87,40 por 100 de nitrato de amoníaco y de 12,60 por 100 de binitrato naftalina. En el número 3, que tiene menor energía potencial, están mezclados los nitratos de amoníaco y de sosa en proporción, respectivamente, de 17,48 por 100 del primero y de 64 por 100 del segundo, con 18,52 partes en peso de mononitronaftalina.

La *tritorita*, mezcla de nitratos amónico (77 por 100) y potásico (11 por 100) con binitrobenzol (18 por 100) y carbón vegetal (1 por 100).

La *nitroferrita núm. 1.* — Nitrato amónico (93,5), ferrocianuro potásico (2,9), azúcar cristalizada (2,5) y trinitronatfalina (2).

La *nitroferrita núm. 2.* — Nitratos amónico (77 por 100) y potásico (9,6 por 100), ferrocianuro potásico (4 por 100), azúcar cristalizada (4,8 por 100) y harina tostada (1.8 por 100).

La *celterina núm. 1.* — Mezcla de nitrato de amoníaco (83 por 100) y de binitrobenzol (17 por 100).

La *securita.* — Binitrobenzol (20), salitre (77) y oxalato amónico (3).

La *minolita.* — Nitratos de amoníaco (65) y de sosa (20) mezclados con trinitronaftalina (12), serrín de madera (1,5) y resina (1,5).

Fractorita.—Nitrato de amoníaco (90), colofonia (4), dextrina (4) y bicarbonato de potasa (2).

Antigrisú Favier núm. 2. — Nitrato de amoníaco (80,9), cloruro amónico (7,4) y binitronaftalina (11,7)

Antigrisú de Arendonck. — Nitroglicerina (27), algodón pólvora (1) y nitrato de amoníaco (72).

Forcita antigrisutosa de Baelen núm 1. — Nitroglicerina (29,4), algodón nitrificado (0,6), nitrato de amoníaco (70).

Forcita antigrisutosa de Baelen núm 2. — Nitroglicerina (44), sulfato de magnesia (44) y celulosa (12).

Gelatina al amoníaco. — Es idéntica á la grisutina goma francesa número 2. Nitroglicerina (30), nitrocelulosa (3), nitrato de amoníaco (67).

Gelignita al amoníaco. — (Igual á la grisutina goma francesa). Nitroglicerina (29,3), algodón colodión (0,7) y nitrato de amoníaco (70).

Flamívora. — Nitrato amónico (85), sulfato amónico (5) y algodón colodión (10).

Dahmenita. — Nitrato amónico (91,3), naftalina (6,5) y bicromato potásico (2,5).

Explosivo Casteau núm. 1. — Nitrato de amoníaco (90) y nitrodextrina (10).

Todos estos explosivos se producen en las fábricas de Matagne-la-Grande y de Baelen-sur-Nêthe.

El consumo anual es considerable; para las cuatro categorías de minas grisutosas, clasificación hecha por los reglamentos de 28 de Abril de 1884 y 13 de Diciembre de 1895 (*), el consumo es de más de 300.000 kilogramos anuales, para una producción de más de 18 millones de toneladas de carbón.

En Inglaterra, la lista de los explosivos permitidos en las minas que desprenden grisú ó polvos inflamables de hulla comprende, entre otros:

Ocho *variedades de gelignita* importadas ó fabricadas desde 1897 y 98. Su composición es:

Nitroglicerina	De	54	á	64	por	100
Nitrocelulosa	»	2	á	6	»	»
Salitre	»	24	á	34	»	»
Harina de madera	»	5	á	10,5	»	»

Diversas variedades de *weter-dinamitas* ó *grisutitas*, cuya patente en Inglaterra data de 1887, entre ellas los explosivos Rubin y Sierch (nitroglicerina y cloruro ó sulfato de amoníaco) y los de Deissler y Ruhnt (nitroglicerina y carbonato ó cloruro de amoníaco).

—Varias pólvoras, tales como el *Elephant Brand Gund powder;* el *Oxalate Blasting Powder.*

—*Explosivos de base de nitroglicerina*, mezclados con oxalatos de

---

(*) 1.ª categoría. Minas poco grisutosas. 2.ª categoría; se subdivide en dos grupos: (*A*), minas medianamente grisutosas. (*B*), ídem muy grisutosas. 3.ª categoría. Minas con grandes desprendimientos instantáneos de grisú.

amoníaco, de sosa y de potasa, hidratados ó no, y aun con el ácido oxálico; entre ellos el

—*Oxalato gelignita*, fabricado desde 1889 por la fábrica inglesa *Nobel, Explosives C°. Limited.*

—*Westfalita*. Explosivo alemán. Nitrato amónico (91), nitrato potásico (4) y resina (5), fabricado con patentes de 1893 á 1897 por la *British and Colonial Colliery Suply Association Ltd.*

—La *Victorita* ó *pólvora Victoria*. (Es la Dahmenita alemana.) Se fabrica en Inglaterra desde 1889. Da temperaturas de 2.000° y energía potencial de 341.000 kilográmetros.

—La *Roburita* (del alemán Dr. Roth, 1886). Se fabrica en Inglaterra por la *Roburite Explosive C°. Ltd*, del tipo núm. 3. Nitrato de amoniaco (86 á 89 , binitrobencina (9 á 13), cloronaftalina (0 á 2). Figura en la lista de los explosivos autorizados. Da 1.616° de temperatura de explosión y 220.000 kilográmetros de potencial.

— La *securita* (del químico alemán Schöneweg, 1886). Compuesta de nitratros de amoníaco y de potasa, y de dinitro bencina. Algunas variedades tienen oxalato de amoníaco y nitrocelulosa.

Austria y Alemania. — De origen alemán son las:

Wetterdynamite, conocidas en Francia y Bélgica con el nombre de *Grisutitas*, y cuya seguridad está fundamentada en el empleo de sales que contengan agua de cristalización, que, al vaporizarse en la explosión, disminuyen la temperatura.

Las *wetter-dinamitas* tienen patente de Muller y Anfschläger. Se fabrican varios tipos, con proporciones de 42 á 53 por 100 de nitroglicerina, 32 á 47 por 100 de sulfato de magnesia y pequeñas proporciones de celulosa ó de kieselgühr.

La *Dahmenita* (del químico Von Dahmen, de Viena). Mezclas de nitrato de amoníaco (91 á 93,5 por 100), bicromato potásico (1,5 á 2,5) y naftalina (4 á 6,5). En Alemania fabrica estos explosivos la *Castroper Sicherheits-Sprengstoff Actiengesellschaft de Castrop (Westfalia)*.

—La *Westfalita* (de Bielefelot, fabricada por la *Westphälisch-Anhaltischer-Sprengstoff-Actiengsellschaft*.

— La *Carbonita*, explosivo inventado por los alemanes Bichel y Schmidt, y de la que se fabrican tres variedades que dan temperaturas de 1.821 á 1.868° y energías de 231.000 á 239.000 kilográmetros.

— La *Roburita* de Roth. La fábrica de Witten (Westfalia) produce dos variedades.

—La *securita*, ya citada al enumerar los explosivos ingleses de seguridad.

Otros varios explosivos de seguridad, que en obsequio á la brevedad omitimos, están en uso y prácticas corrientes en Alemania, Holanda y otros países.

Antigüedad de los explosivos de seguridad. — De 1885 datan los primeros *explosivos de seguridad* formados con la mezcla del nitrato de amo-

níaco con otros cuerpos explosivos (belita, securita, roburita, nitramitas, etc.). Poco después aparecieron la dahmenita, nitroferrita, westfalita, progresita, etc.

La *seguridad* de estos explosivos tiene dos aspectos distintos: uno de ellos es la propiedad eficaz, en grado variable, de no inflamar las mezclas de aire y grisú, ni el polvillo de carbón; y es otra la facilidad, exenta de peligros, de su manejo, porque no detonan por la acción de la llama ni por la del choque. Para conseguir la explosión es preciso una cápsula fuerte de fulminato de mercurio, que produzca gran conmoción molecular en la substancia.

Atraques de seguridad.— Además de los explosivos de seguridad, han estado en uso, y aun lo están en algunos países, cartuchos ó tacos de agua, ó de materias sólidas que contienen agua en cantidad, con objeto de rebajar la temperatura de detonación del explosivo por el calor que absorbe el agua al volatilizarse. Estos cartuchos y tacos sirven al propio tiempo de atraque de los barrenos: de aquí su nombre de *atraques de seguridad.*

En algunas minas se ha apelado á la acción directa del agua, introducida en tubos á guisa de cartuchos, ó retenida por musgo, arcilla ú otras substancias. Los cartuchos de agua, poco empleados hoy, están en uso todavía en Alemania.

Otras veces, los atraques de seguridad están constituídos por materias sólidas que encierran proporciones considerables de agua. Así son:

El *taco sistema Caen*, que tiene 99 por 100 de agua.

La *Gelosina* (de Chalon y Guerin); el atraque tubular de monocarbonato de sosa de *Clarck*; el de *Cocking*, de base de cloruro de amoníaco; el de *Heast* y *Frust*, y otros varios.

Ligeras consideraciones teóricas. Efectos de la temperatura desarrollada en la detonación del explosivo. — Las mezclas de aire y de grisú necesitan para detonar una temperatura relativamente baja, de 500 á 600°. Ateniéndonos tan sólo á este dato, no sería posible encontrar ningún explosivo de seguridad; porque todos, desde la pólvora negra ordinaria hasta el explosivo de mayor energía potencial, producen en la explosión, en el fenómeno químico de descomposición de la substancia prima y su reconstitución en compuestos más estables, temperaturas mucho más considerables, hasta de más de 3.000°.

Pero aunque la temperatura necesaria para la inflamación del grisú sea tan baja, hay un hecho que es preciso tener en cuenta: la acción de esa temperatura ha de prolongarse durante un cierto tiempo, de bastantes segundos (hasta 10″ á 650°) para que la inflamación tenga lugar; y gracias á este retraso en la inflamación, puede haber explosivos de seguridad, aunque produzcan temperaturas hasta de 2.200°. En efecto: por la gran rapidez de detonación del explosivo, es decir, por la casi instantaneidad de formación de los gases producto de la explosión y el brusco enfriamiento que estos gases experimentan por su mezcla con el aire ambiente y por su expansión, por su aumento grande de volumen, la temperatura primitiva

decae casi instantáneamente y no llega á ejercer su influencia durante el tiempo necesario para la inflamación del grisú (*).

Fácil es comprender, según esto, que la pólvora negra y los explosivos de lenta detonación son eminentemente peligrosos en las minas de hulla que desprenden grisú; y todos los paliativos empleados para disminuir la temperatura de deflagración (tacos y atraques de agua ó substancias hidratadas) han sido ineficaces para evitar los accidentes.

En los explosivos rompedores, de gran velocidad de detonación (nitroglicerina, algodón pólvora, etc.), si bien es cierto que las temperaturas que se producen en la explosión son mucho más elevadas que en la pólvora ordinaria, esta mayor temperatura está compensada con el menor tiempo en que resulta aplicada por la mayor rapidez del enfriamiento de los gases. Estos explosivos rompedores son, pues, menos peligrosos que las pólvoras y explosivos de lenta combustión; y si á dichos explosivos rompedores se les añaden substancias que rebajen la temperatura de la detonación, sin disminuir su velocidad, se podrá llegar á conseguir, para cierta magnitud de cargas, que el explosivo formado con la mezcla de estas substancias tenga la inocuidad deseada y constituya lo que se llama un *explosivo de seguridad*.

Estas fueron las conclusiones que dedujo de sus primeras experiencias la Comisión francesa y que dieron lugar á la circular ministerial de 1.° de Agosto de 1890, por la cual, entre otros preceptos (que han inspirado el reciente Real decreto de 12 de Julio de 1904, *Gaceta* del día 13, sobre empleo de explosivos en las minas grisutosas), se fija en 2.200° la temperatura máxima de detonación, y se prescriben las de 1.900 y 1.500°, respectivamente, para los explosivos empleados en los barrenos abiertos en roca y los que se hagan en las capas de carbón.

El margen que se dejó entre estas temperaturas y la de 2.200° antes indicada, tuvo por objeto atender á lo fortuito y tener en cuenta las variaciones que pueden existir en los modos de fabricación ó en la descomposición de las substancias en el momento de la explosión.

Modo de conseguir la disminución de temperatura de explosión.—Varios procedimientos se han seguido y han dado lugar á numerosísimos tipos de explosivos. Nos limitaremos á señalar los fundamentos de esos procedimientos.

1.° Mezclas de los explosivos rompedores con sales anhidras que produzcan temperaturas bajas de explosión, que se descompongan á bajas temperaturas. Tipo, el nitrato de amoníaco.

El cuadro siguiente pone de manifiesto bien claramente la influencia que ejerce esta sal en la temperatura de detonación de algunos explosivos.

(*) Dedúcese de lo expuesto la influencia que tiene en estos fenómenos el volumen de la cámara en donde se verifica la detonación. Cuanto mayor sea ese volumen, más rápidos serán la expansión de los gases, su mezcla con el aire ambiente y su enfriamiento.

	Temperatura de explosión. — En grados centígrados.	Cantidad (por 100) de nitrato de amoníaco añadido.	Temperatura en grados centígrados obtenida por la adición de nitrato de amoníaco.	Diferencia en menos. — Grados centígrados.
Nitroglicerina	3.200	»	»	»
Goma explosiva al 8 por 100 de algodón pólvora.	3.000	88	1.493	1.507
Dinamita al 75 por 100 de nitroglicerina	2.940	80	1.468	1.472
Algodón pólvora...	2.650 2.060	90,5	1.450	1.200 610
Nitrato de amoníaco	1.130	»	»	»

2.° Mezclas con sales que contengan agua de cristalización (como el carbonato de sosa cristalizado, sulfato de magnesia, etc.). La vaporización de esta agua absorbe una cierta cantidad de calor del total que se produce en la explosión. Las weterdinamitas, grisutitas, etc., están fundadas en estos principios (*).

El sulfato de magnesia, el carbonato sódico y otras sales menos susceptibles de incorporarse á la nitroglicerina por razón de incompatibilidad quimica, tales como el oxalato de amoníaco, el cloruro de sodio, el alumbre, etc., se han empleado en forma de tacos ó cartuchos para atraque de seguridad.

3.° Otros explosivos participan de las dos caraterísticas anteriores, por mezclas convenientes de sales anhidras y otras que tienen agua de cristalización.

Influencia de la magnitud de las cargas y de los atraques.—En Bélgica, en donde están adoptados los explosivos de seguridad, se admite que ésta desaparece cuando se aumenta la carga y alcanza ciertos límites.

En Francia, la circular ministerial de 8 de Diciembre de 1899 reglamenta las cargas y la altura de los atraques.

La carga total de un barreno no podrá exceder de un kilogramo (á menos de autorización especial). El atraque tendrá una altura mínima de $0^m,20$ para los primeros 100 gramos y 5 centímetros más por cada 100 gramos de aumento (1).

(*) Algunos opinan que no siempre se descompondrá la sal hidratada, sino que podrá suceder que una parte de ella sea proyectada intacta. Las últimas experiencias de la Comisión austriaca, con la weterdinamita fabricada con carbonato de sosa, han sido favorables á este explosivo

(1) Esta prescripción ha sido también adoptada en España por el Real decreto de 12 de Julio de 1904.

Se deduce de las experiencias hechas en Francia y otras naciones.

Todos los explosivos de seguridad con cargas de 100 gramos, si no tienen atraque, inflaman las mezclas de aire y de grisú. Un débil atraque de 5 centímetros de arena basta para hacer inofensiva la explosión de 240 gramos de grisunita.

En Alemania se ha comprobado también que todos los explosivos de seguridad, cuando las cargas son de cierta consideración, inflaman el grisú si no hay atraque.

La altura del atraque debe ser tanto mayor cuanto mayor sea la carga.

Influencia del estado físico de ciertos explosivos. — Interesantes experiencias realizadas en Alemania en la galería de ensayos de Schalke (Westfalia), en atmósfera que contenía grisú al 8 por 100, han demostrado la grande influencia que ejerce, en la seguridad que ofrecen ciertos explosivos, su estado físico, esto es, el que se empleen en estado pulverulento ó en grano; en este último estado, las cargas límites pueden ser mayores. Como á él corresponden menores velocidades de detonación, es un argumento en pro de la influencia de esta característica en la seguridad que ofrecen los explosivos, según se indica á continuación.

Influencia, en la seguridad, del poder rompedor del explosivo.—Teórica y prácticamente puede demostrarse que, aumentando progresivamente la cantidad de las cargas, absolutamente todos los explosivos producen la inflamación de la mezcla de aire y de grisú. En otros términos: no hay *explosivos de seguridad* cuando se emplean cargas grandes, superiores á un cierto límite, variable con la naturaleza del explosivo; 15 gramos son suficientes para la goma explosiva; 5 gramos para la dinamita núm. 1 de base inerte; otros explosivos, como sucede á la *carbonita*, no inflaman la mezcla de aire y de grisú al 8 por 100 aun con cargas de 900 gramos.

En suma: á igualdad de otras causas que ejercen influencia en la inflamación, tales como proporción de grisú, capacidad de la cámara en que se verifica la detonación de la carga, modo de detonación, ya sea al aire libre ó en barreno, con atraque ó sin él, puede decirse que un explosivo es tanto más seguro cuanto mayor sea la carga límite productora de la inflamación de la mezcla de grisú y de aire.

La clasificación, el orden en la escala de seguridad obtenido por las cargas límites, ¿está de acuerdo con el que dan las temperaturas de detonación? No, á juzgar por las experiencias de Heise, según las cuales, hay explosivos que admiten cargas límites mayores que otros, á pesar de desarrollar en la explosión temperaturas bastante mayores que éstos.

La temperatura de detonación no es, por lo tanto, la única característica de seguridad, y la aparente contradicción antes mencionada, la explica Mr. Heise por la influencia de velocidad de detonación. Para los explosivos cuya temperatura de explosión sea inferior á 2.200°, á mayor poder rompedor, esto es, á mayor volocidad de detonación, corresponde menos seguridad, menores cargas límites; porque cuando esa velocidad de detonación es muy grande, sufre la atmósfera ambiente (mezcla de aire y de

grisú) una gran compresión por la onda gaseosa tan súbitamente formada, y la compresión es productora de elevación de temperatura, que se suma á la originada por la reacción química en la detonación.

Pero como, por otra parte, la rapidez de detonación favorece la rápida expansión de los gases y su mezcla con la atmósfera, causas ambas de un pronto y favorable enfriamiento, se deduce que el poder rompedor del explosivo tiene una influencia múltiple que se ejerce en sentidos diversos.

La seguridad de los explosivos es compatible con un aceptable rendimiento industrial. — De todos modos, de las experiencias de Heise se deduce que pueden aceptarse cargas límites grandes para explosivos de seguridad que desarrollen cantidades grandes de calor en la explosión, por debajo siempre de los 2.200°, límite superior aceptado para evitar las inflamaciones de la mezcla de aire y grisú, ó, lo que es lo mismo, ya que á mayor calor desarrollado corresponde mayor potencial; que la *seguridad* de los explosivos no es antagónica con su fuerza, y que es posible obtener explosivos que den á un tiempo garantías de seguridad y aceptable rendimiento industrial.

Los explosivos de seguridad desde el punto de vista económico industrial — Desde el momento en que pueden verse comprometidas las vidas de muchos obreros por el empleo de ciertos explosivos, nada hay que justifique este empleo, y las razones económicas que se invoquen son de orden secundario.

Hé aquí por qué en todos los países mineros, ante la capital importancia que tiene el problema de mejorar las condiciones de seguridad de los trabajos subterráneos, no ha habido la menor dificultad, ni aun en los primeros momentos, en la aplicación de los explosivos de seguridad á la explotación de las minas de hulla. No se ha tenido en cuenta si el coste de la tonelada de hulla arrancada se recargaba en algunos céntimos. Más caro es, en general, el arranque de carbón por medio de máquinas, en sustitución de los explosivos, y, sin embargo, no se ha titubeado en hacerlo así en Bélgica y en otros países, en minas expuestas á rápidos y abundantes desprendimientos de grisú.

Conviene advertir que el aumento de gastos á consecuencia de la adopción de los nuevos explosivos en el extranjero ha sido en general insignificante; y como muestra de ello, hé aquí los datos suministrados por el Inspector general de minas Mr. Delafond, correspondientes á la cuenca hullera del Loire (Francia):

Gasto de explosivo por tonelada de hulla arrancada.....	Actualmente...	0,1063	francos.
	Antes de 1890..	0,0987	»
	Aumento.....	0,0076	»

No obstante lo expuesto, y como quiera que se trata de un aspecto de la cuestión que encierra grande interés, son pertinentes algunas consideraciones acerca de las causas que influyen en el coste final del empleo de los explosivos de seguridad en la explotación de las minas de hulla:

Causas que influyen en el resultado económico al emplear los explosivos de seguridad.—En absoluto, y de modo general, no puede establecerse el valor económico de los diversos explosivos. El resultado depende, no solamente del valor de sus características, sino también del modo más ó menos hábil de emplearlos. Habremos, pues, de tener en cuenta, al comparar las diversas clases de explosivos desde el punto de vista económico, sus cualidades explosivas, cargas, atraques y detonadores, elementos todos que intervienen en su rendimiento industrial, sin olvidar tampoco el precio que los explosivos tienen en el mercado por circunstancias especiales, transitorias ó permanentes.

Cualidades explosivas de los de seguridad. —La energía potencial ó trabajo mecánico T que es capaz de producir un kilogramo de explosivo, viene dado en kilográmetros por la fórmula

$$T = 425 \times C$$

siendo C el número de grandes calorías desarrolladas en la detonación de un kilogramo de explosivo, y representando el número 425 el equivalente mecánico del calor.

Como esa potencial depende del calor desarrollado en la detonación, se presenta al empleo de explosivos de seguridad la objeción siguiente:

Si para obtener la seguridad deseada es preciso disminuir la temperatura de explosión, la consecuencia inmediata será la de disminuir también el trabajo mecánico que ha de producir, y, por tanto, quedará disminuído el rendimiento industrial de esos explosivos.

No es así, sin embargo, en absoluto; porque quedando siempre por debajo del límite superior de temperatura asignado por la Comisión francesa del grisú (2.200°), es posible obtener explosivos de seguridad cuya temperatura de detonación sea relativamente elevada, combinándola hábilmente con una conveniente velocidad de detonación; así se deduce de las experiencias de Heise mencionadas en las páginas anteriores.

Por esto dispone la industria de explosivos de seguridad cuya energía potencial es de cerca de 300.000 kilográmetros (en la westfalita es de 274.000 kilográmetros), y aun rebasa esta cifra en algunos, como sucede, por ejemplo, en la Victorita, que tiene un potencial de 341.000 kilográmetros.

Ahora bien: estas cifras son aceptables y aun superiores á las correspondientes á algunos explosivos rompedores: la energía potencial del ácido pícrico puro es de 304.938 kilográmetros, y la de la dinamita número 3, al 30 por 100 de nitroglicerina, es tan sólo de 189.125 kilográmetros. La pólvora negra de mina, de empleo tan peligroso, tiene un potencial de 219.300 kilográmetros.

Densidad de carga. Atraque.—Hé aquí dos elementos que influyen considerablemente en el rendimiento del explosivo y dependen de la mayor ó menor inteligencia que preside á la carga y atraque de los barrenos.

Sabido es que la fuerza específica del explosivo depende de la tempe-

ratura de detonación, y que las *presiones* (en kilográmetros por $cm.^2$) que desarrolla en las paredes del barreno ó cámara de carga son función de dicha fuerza específica, del covolumen y de la *densidad aparente de carga*.

Conocida es también la gran influencia que tiene en el resultado de la explosión del barreno, esto es, en los efectos de dislocación de toda la masa, un buen atraque.

Un atraque bien hecho aumenta los efectos del barreno, y, al propio tiempo, es una garantía para evitar la inflamación de las mezclas de aire y de grisú y del polvillo de carbón.

La buena mano de obra en estas operaciones no es cantidad que pueda representarse por cifras ni expresarse por fórmulas.

Detonador.—Los explosivos de seguridad no detonan tan fácilmente como la dinamita, goma explosiva, algodón pólvora seco y otros explosivos rompedores. Su estabilidad mecánica es mayor; necesitan una conmoción molecular mucho más considerable para que se verifique la disociación de los elementos que constituyen el cuerpo ó mezcla de cuerpos, y su asociación en compuestos más estables. En una palabra: para provocar la detonación es preciso, en general, emplear cápsulas de fulminato de mercurio que contengan mayor cantidad de esta sal, y, por tanto, que resultan más caras.

Es esta también una de las objecciones de orden económico que se hacen á los explosivos de seguridad.

De desear es, en efecto, que desaparezca este elemento de sobreprecio de los barrenos; pero no es afortunadamente tan oneroso. Generalmente, para obtener la explosión de la dinamita, empléanse cápsulas llamadas *quintuples*, que contienen próximamente 0,5 gramos de fulminato. Para los explosivos de seguridad son suficientes, en general, las cápsulas de un gramo. Las primeras tienen un coste en el extranjero de 29 francos el millar, ó sea unos 3 céntimos cada una; y las segundas resultan á 4 céntimos de franco una. La diferencia es, pues, de un céntimo de franco.

Por otra parte, es preciso recordar á este propósito que una de las causas que más poderosamente influyen en la mayor ó menor facilidad de detonación de un explosivo es su grado de densidad. A mayor densidad (obtenida artificialmente por compresión) corresponde mayor insensibilidad ante el detonador y la necesidad de una mayor energía de éste; y de tal modo puede aumentarse esta densidad, que resulte el explosivo completamente insensible á la acción de detonadores violentos.

El límite de densidad de las pólvoras para que puedan detonar es función del covolumen. Si la compresión que han experimentado aquéllas es mayor que la inversa del covolumen, cesan por completo de ser explosivas cuando están contenidas en vasos cerrados inextensibles completamente llenos de la substancia.

Resulta de lo expuesto la posibilidad de hacer explosivos de seguridad más sensibles al choque, disminuyendo prudentemente su densidad gra-

vimétrica. Y digo *prudentemente*, porque la no exagerada insensibilidad á los choques tiene un lado aceptable, como que es una garantía de seguridad de accidentes en el manejo de los explosivos.

En último extremo, no es difícil proveer á los cartuchos de explosivo de seguridad de un cebo de materia más sensible (ya de la propia materia, ya de otra), que detone por la acción de pequeñas cápsulas de fulminato.

Consideraciones sobre el aspecto económico del empleo de los explosivos de seguridad en España. — Según el catálogo de la Sociedad Unión de Explosivos, ésta los expende á los precios siguientes:

	Por caja de 25 kilogramos. — Pesetas.	Por kilogramo. — Pesetas.
Dinamita y goma explosiva núm. 1.....	112	4,48
Dinamita y goma núm. 3.....	75	3
Grisutinas y Nitramitas.....	100	4

Si se atiende á los precios absolutos, resultan todos ellos más elevados de lo que conviene á la industria minera.

Comparando los precios de unas y otras substancias, resulta que los explosivos de seguridad tienen precio comprendido entre los de las dinamitas números 1 y 3.

Pero para que esta comparación sea exacta es preciso tener en cuenta el potencial de estos explosivos. El de las nitramitas es muy variable: depende de que en su composición entren proporciones mayores de nitrato de amoníaco ó de nitrato de sosa, que es más barato; de natfalina ó de bencina en grado vario de nitrificación.

Desde la nitramita al 85 por 100 de nitrato amónico y 12,5 por 100 de binitronatfalina, con un potencial de 416.075 kilográmetros (con temperatura de 2.125°), hasta la menos potente compuesta de nitrato sódico (89) y natfalina (11), que sólo da una energía potencial de 178.882 (1.566° de temperatura), hay una serie de pólvoras de seguridad capaces de producir trabajos muy variables. Tomando un término medio, que puede ser de 250.000 kilográmetros, siempre resulta muy superior al potencial de la dinamita núm. 3, al 30 por 100 de nitroglicerina, que solamente da 189.125, inferior en una tercera parte á aquel primer valor.

Atendiendo, pues, al rendimiento industrial, no parece antieconómico el empleo de la nitramita con respecto á la dinamita núm. 3. Las nitramitas reunen aptitudes para su aplicación á las minas de hulla.

Á instancias de la Sociedad *La Nitramita*, y por mandato del Ministro

de la Guerra, fuí hace diez años encargado del estudio de las características de este explosivo, y en 8 de Julio de 1894 realicé experiencias públicas en el campo de Escuela práctica que el 2.° regimiento de Zapadores minadores tiene en las inmediacionesde Madrid (1).

Hiciéronse ensayos comparativos de la dinamita núm. 1 (procedente de la fábrica La Manjoya) y de la nitramita *C* procedente de la fábrica de Ripoll (Gerona), cuya composición era:

	Por 100.
Nitrato de amoníaco.....	87,5
Binitronaftalina.....	12,5

La temperatura de explosión fué de 2.125 grados, y el potencial de 416.075 kilográmetros.

Las pruebas de inocuidad por la acción de cuerpos en ignición ó ardiendo con llama, de resistencia á las acciones mecánicas, de insensibilidad á las detonaciones por influencia, fueron altamente favorables á la nitramita. También demostró su gran energía potencial y demás características, poco diferentes de las de la dinamita núm. 1.

La nitramita, que fué sometida á ensayo sin más que haber disminuído un poco su densidad (por encargo especial que se hizo á la fábrica de Ripoll), detonó perfectamente, aun al aire libre, con cápsulas de fulminato de 1 gramo. Hay que añadir que los cartuchos de nitramita comprimida llevan una canal central llena de nitramita pulverizada, más sensible á los choques, que hace de detonador.

Por el valor de las componentes y por las facilidades de fabricación, la nitramita es más barata que la dinamita, algodón pólvora, potentita, tonita, etc., y mucho más barata que el ácido pícrico, melinita, etc.

Las nitramitas al nitrato de sosa son todavía más baratas que las fabricadas con nitrato de amoníaco. Los precios actuales en España son á todas luces exagerados.

Resumiendo: el precio de los explosivos de toda clase en España es elevado, ya sea por efecto del monopolio, ya reconozca otras causas que no hemos de investigar en este momento. Al abaratamiento general de los explosivos en general debiera tender la minería.

Pero dentro de los precios actuales de las dinamitas, gomas, grisutinas y nitramitas, el que tienen estos dos últimos no es tan elevado que haga oneroso su empleo: su coste es un término medio entre las dinamitas y gomas núm. 1 y las del núm. 3; y si bien es cierto que son algo más caras que estas últimas, tienen en cambio mayor energía potencial.

---

(1) Á esas experiencias asistieron, entre otras muchas personas, los Sres. Oriol y Uhagón, ingenieros de minas; Rivero, ingeniero Jefe del movimiento en los ferrocarriles del Norte; el químico Sr. Puerta, Jefe entonces del Laboratorio municipal; los Sres. Portuondo, Ibarra, Fragonard, etc.

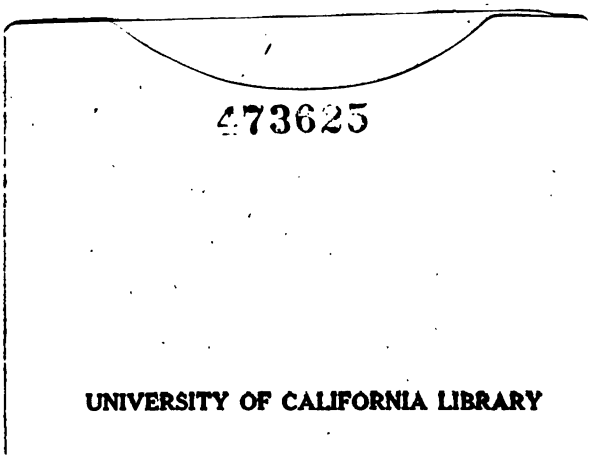
En conclusión: *el aumento de precio que resulta al emplear los explosivos de seguridad, ni es ni debe ser de consideración, hasta el punto de constituir una traba económica para la explotación de las hulleras grisutosas.*

Madrid, 31 de Julio de 1904.

El Jefe de la Sección segunda,

José Marvá.

YC 70067


473625

UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY